

DETEKSI KERETA API PADA REL MENGGUNAKAN SENSOR MPU6050

DETECTION OF TRAIN ON RAIL USING MPU6050 SENSOR

Rinjani Kanthi Saraswati, Mohamad Ramdani, D.t., M.T., Dr. Eng. Ahmad Sugiana, S.Si., M.T.

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

rinjanikanthi@student.telkomuniversity.ac.id; rizkia@telkomuniversity.ac.id; Bandiyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknik pensinyalan sistem kereta api di Bandung menggunakan metode *axle counter*. *Axle counter* adalah untuk mendeteksi bahwa suatu blok perlintasan sudah clear dari keberadaan kereta atau belum. *Axle counter* bekerja dengan cara menghitung jumlah gandar roda kereta api yang masuk pada lintasan dan membandingkan dengan jumlah gandar yang meninggalkan lintasan. Sinyal getaran kereta terbentuk dari getaran kereta ketika berjalan diatas rel. Pada saat itu terjadi amplitudo yang lebih tinggi dibandingkan kondisi sebelumnya. Hasil pada Tugas Akhir ini menghasilkan sistem yang dapat membaca getaran yang dihasilkan oleh kereta api dengan menggunakan sensor piezoelektrik seri MPU6050. Hasil pada penelitian ini menghasilkan sistem yang dapat membaca getaran yang dihasilkan oleh kereta api dengan menggunakan modul GY-521 dan dapat menemukan sebuah pola frekuensi getaran pada lokomotif yaitu dari 90 Hz hingga 100 Hz dan dapat menahan sampai noise 10% dari amplitudonya.

Kata Kunci : Deteksi kereta api, sensor piezoelektrik, rel kereta api

Abstract

Railway system signaling technique in Bandung uses the axle counter method. Axle counter is to detect that a crossing block is clear from the presence of a train or not. Axle counter works by counting the number of axles of the train wheels entering the track and comparing it to the number of axles leaving the track. Train vibration signals are formed from train vibrations when walking on rails. At that time the amplitude was higher than the previous condition. The results of this Final Project produce a system that can read the vibrations produced by the train using MPU6050 series piezoelectric sensors. The results of this study produce a system that can read vibrations produced by trains using the GY-521 module and can find a pattern of vibration frequencies at the locomotive that is from 90 Hz to 100 Hz and can withstand up to 10% noise from its amplitude.

Keywords: PIDS, Microcontroller, GPS

1. Pendahuluan

Transportasi kereta api di Indonesia sendiri sebagai sarana pengangkutan penumpang dan barang pada kehidupan sehari-hari. Seperti pada umumnya Kereta Api memiliki jalur sendiri yang disebut Perlintasan Sebidang. Perlintasan Sebidang adalah perpotongan sebidang antara jalur [kereta api](#) dengan [jalan](#)[1]. Teknik pensinyalan sistem kereta api di Bandung menggunakan metode *axle counter*. *Axle counter* adalah untuk mendeteksi bahwa suatu blok perlintasan sudah clear dari keberadaan kereta atau belum.

PT. KAI sendiri saat ini mempunyai sistem untuk mendeteksi datangnya kereta melalui sebuah getaran. Sinyal getaran kereta terbentuk dari getaran kereta ketika berjalan diatas rel. Sinyal getaran kereta terbentuk dari getaran kereta ketika berjalan diatas rel. Dari getaran kereta bisa didapatkan data saat gardan kereta melintasi persambungan antar rel. Pada saat itu terjadi amplitudo yang lebih tinggi dibandingkan kondisi sebelumnya. Namun sistem itu hanya bisa mendeteksi getarannya saja tanpa tau getaran itu dihasilkan dari kereta atau bukan. Dengan beberapa kekurangan sistem yang ada maka muncul inovasi baru untuk mengatasi kekurangan dan meningkatkan sistem yang ada. Yaitu dengan menggunakan sensor piezoelektrik seri MPU6050 sebagai sensor getaran untuk mendeteksi getaran pada kereta api.

Maka dari itu sistem ini dirancang agar getaran yang dihasilkan oleh kereta api dapat membentuk sebuah pola/grafik.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Cara Kerja Sistem

solusi yang akan dibuat adalah sebagai berikut: sistem bekerja dengan memanfaatkan getaran lalu menghasilkan sebuah grafik atau kurva yang menunjukkan bahwa getaran itu berasal dari kereta api. Pada analisis ini, getaran yang dihasilkan oleh kereta api akan diolah menjadi suatu sinyal. Untuk mencapai hal tersebut, maka dibuatlah suatu alat dengan menggunakan sensor MPU6050. langkah pertama untuk merealisasikan analisis tersebut adalah dengan mempelajari karakteristik kereta api dan sensor MPU6050, menganalisa getaran yang dihasilkan oleh kereta api, menganalisa jarak gardan terhadap getaran, getaran terhadap tegangan piezoelektrik, jarak terhadap getaran. Dengan mempertimbangkan hasil dari kajian tersebut, maka akan dihasilkan suatu sinyal yang dapat mendeteksi adanya kereta api.

2.2 GY-521

Modul sensor GY-521 sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.4, adalah alat elektronik yang di dalamnya terdapat sensor MPU-6050. MPU 6050 adalah sensor yang didasarkan pada teknologi MEMS (Micro Electro Mechanical Systems). Sensor MPU-6050 mengandung Akselerometer MEMS dan Gyro MEMD dalam satu keping. Pada kasus ini penulis menggunakan MPU6050 AFS_SEL=3 dengan resolusi maksimum $\pm 16g (16 \times 9,8 [\frac{m}{s^2}])$, dimana nilai $1g = 9,8 [\frac{m}{s^2}]$.

2.3 Fast Fourier Transform (FFT)

FFT (Fast Fourier Transform) adalah algoritma yang digunakan untuk menghitung DFT (Discrete Fourier Transform) dengan cepat. Salah satu cara mentransformasi sinyal dari domain waktu ke dalam domain frekuensi dengan menggunakan Discrete Fourier Transform (DFT). DFT berasal dari fungsi Fourier Transform (FT) yang didefinisikan pada persamaan

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

Keterangan :

$X(f)$ = Sinyal dalam ranah frekuensi

$x(t)$ = Sinyal dalam ranah waktu

Dengan munculnya komputer digital, ilmuwan di bidang pengolahan digital berhasil mendefinisikan DFT sebagai berikut :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j(\frac{2\pi}{N})kn}$$

Keterangan :

$X(k)$ = Output DFT

N = Jumlah sampel yang akan diproses

$x(n)$ = Nilai sampel sinyal

k = Variabel frekuensi diskrit

Namun, DFT sangat tidak efisien karena jumlah titik dalam DFT berjumlah ribuan, sehingga jumlah yang dihitung tidak dapat ditentukan. Pada tahun 1965, COOLEY dan TUKEY menjelaskan algoritma yang sangat efisien untuk menerapkan DFT, yang disebut dengan Fast Fourier Transform (FFT). FFT dipergunakan untuk mengurangi kompleksitas transformasi yang dilakukan oleh DFT. Sebagai perbandingan, misalkan jumlah sampel (N) yang diambil sebanyak 2 sampel, tingkat kompleksitas DFT adalah $N^2 = 4$, sedangkan kompleksitas FFT adalah $N \log N = 0,602$.

FFT adalah nama algoritma yang paling populer untuk komputasi Transformasi Fourier Diskrit dari suatu sinyal diskrit $x[k]$. Hasil dari FFT adalah spektrum magnitud terhadap frekuensi dari suatu sinyal diskrit. Umumnya, suatu sinyal diskrit/kontinu terbentuk dari campuran beberapa sinyal dengan frekuensi berbeda. Misalnya, pada kasus bercampurnya sinyal informasi dan noise, FFT dapat membantu kita mengetahui pada frekuensi berapa sinyal informasi berada dan pada frekuensi berapa noise mendominasi. Perhitungan FFT dinyatakan dengan persamaan :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{nk}$$

Dimana :

$$W_N^{nk} = e^{-j\frac{2\pi kn}{N}}$$

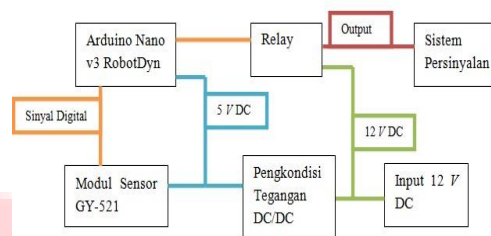
3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Umum Sistem

Pada penelitian tugas akhir kali ini perancangan deteksi pada kereta api menggunakan getaran yang dihasilkan saat roda kereta api bergesekan dengan rel kereta api. Dari getaran kereta bisa didapatkan data saat gardan kereta melintasi persambungan antar rel. Pada saat itu terjadi amplitudo yang lebih tinggi dibandingkan kondisi lainnya. Hal itu terjadi akibat benturan roda kereta dengan rel berikutnya setelah melalui jeda persambungan rel kereta.

3.1.1 Blok Diagram Sistem

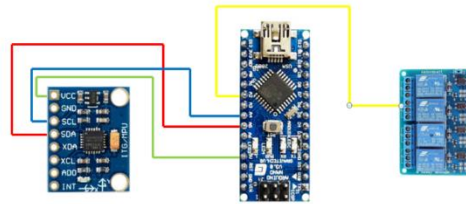
Dengan menggunakan getaran untuk mendeteksi adanya kereta api, maka alat ini menggunakan sensor MPU6050 dengan metode amplitude sampling yang dapat membaca sinyal getaran dalam bentuk frekuensi terhadap rentang waktu dengan frekuensi 1000 HZ. Dan berikut adalah diagram blok sistem rancangan pada deteksi kereta api:



Gambar III-1 Blok Diagram Sistem

3.2 Perancangan Perangkat Keras

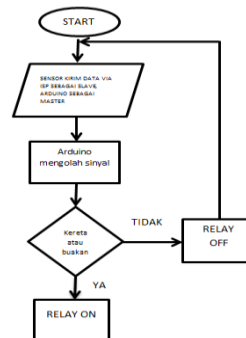
Perangkat keras yang diperlukan pada alat deteksi kereta api ini dijelaskan pada gambar 3.2 yang merupakan sensor dari sistem. Accelerometer sensor MPU6050 adalah sensor untuk menghitung akselerasi sistem pada sumbu x-y-z. Arduino Nano adalah mikrokontroler dengan chip ATmega328.



Gambar III-2 Perancangan Perangkat Keras

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan hal yang pentindalam perancangan deteksi kereta api. Perangkat lunak digunakan untuk memprogram Arduino Nano dengan Arduino Nano perangkat lunak IDE. Data diproses dengan menggunakan Matlab untuk menghasilkan grafik dari getaran pada kereta api. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat bagan alur sebelum diimplementasikan ke dalam program.



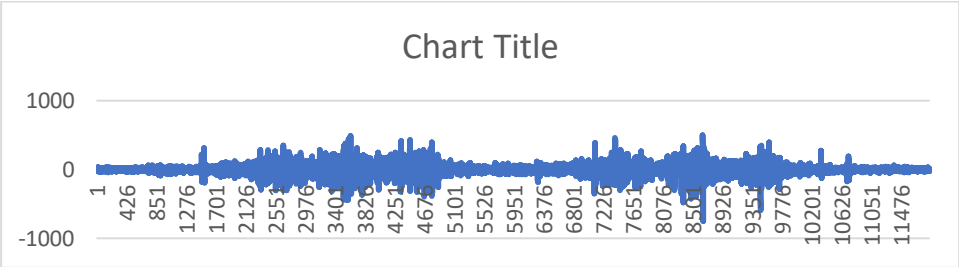
Gambar III-3 Perancangan Perangkat Lunak

4. Pengujian dan Analisis

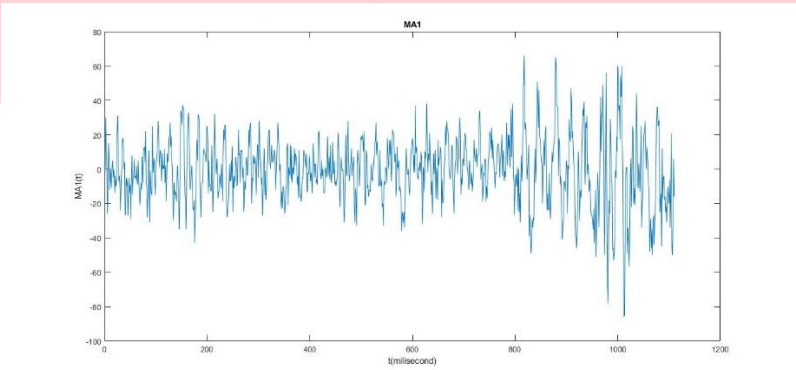
Pengujian terhadap sistem dilakukan untuk mengetahui performansi sistem yang telah dirancang dan menganalisis keberhasilan parameter-parameter dari sistem yang telah dibangun. Dari hasil pengumpulan database, penulis melakukan pengujian dengan mencari pola dalam domain frekuensi menggunakan FFT. Dari hasil pengujian lalu dianalisis dan dipaparkan pada bab ini, sehingga diketahui kesesuaian sistem dengan parameter yang telah ditentukan.

4.1. Pengujian Parameter

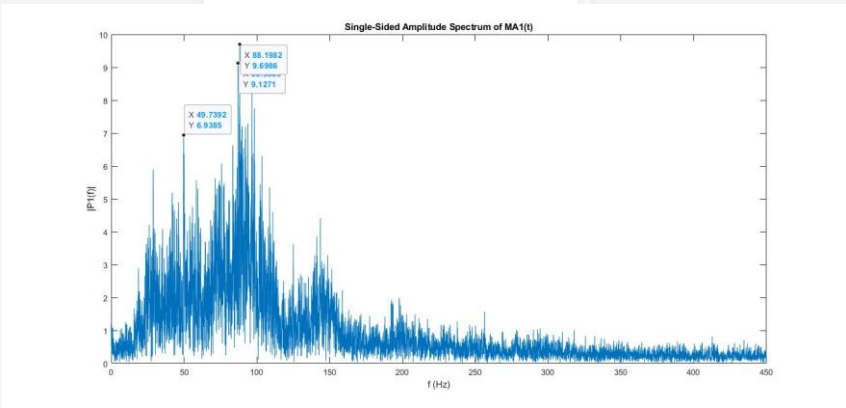
Pengujian ini berfungsi menetapkan nilai parameter terbaik untuk metode uji variable terkontrol sehingga sistem dapat menghasilkan pola yang lebih baik. Pengujian dilakukan secara non-real time. Pada bab sebelumnya dijelaskan proses dari domain waktu diubah menjadi domain frekuensi menggunakan FFT.



Pada Gambar IV-1 sinyal getaran pada saat lokomotif maju, dengan pengambilan data dari 1 sampai 11899 menghasilkan 12000 sample.



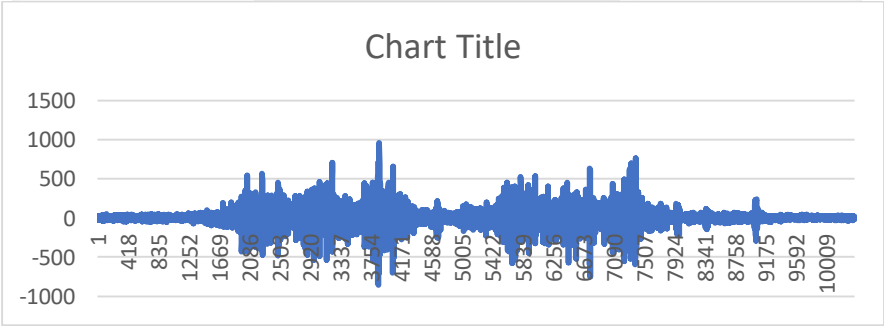
(a)



(b)

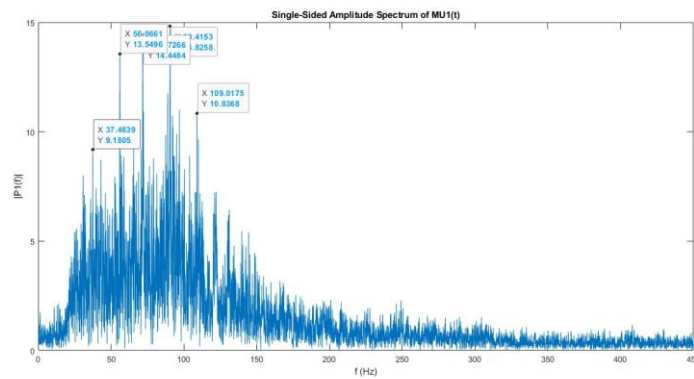
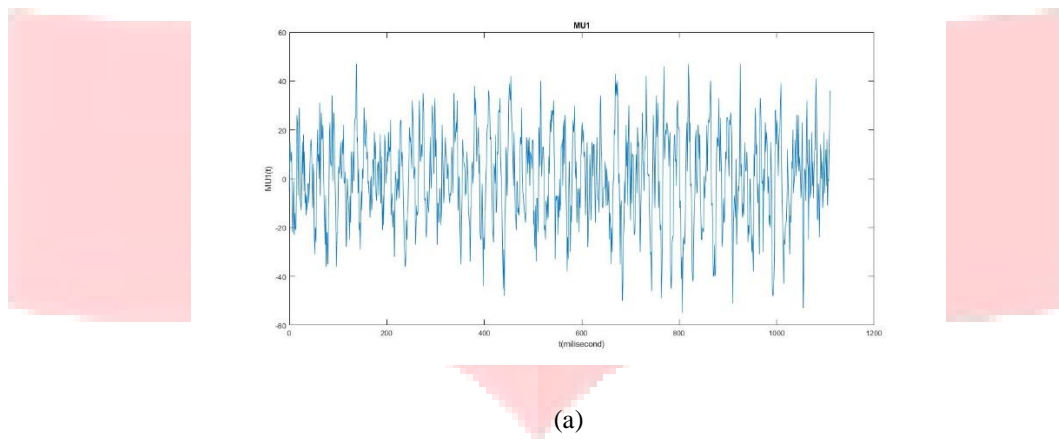
Gambar IV-2 Pola FFT Sinyal Getaran

(a) sinyal getaran sebelum menggunakan FFT ; (b) sinyal getaran setelah menggunakan FFT



Gambar VI-3 *Imput Sinyal Getaran*

Pada Gambar IV-2 sinyal getaran pada saat lokomotif mundur, dengan pengambilan data dari 31207 sampai 41609 menghasilkan 11000 sampel.

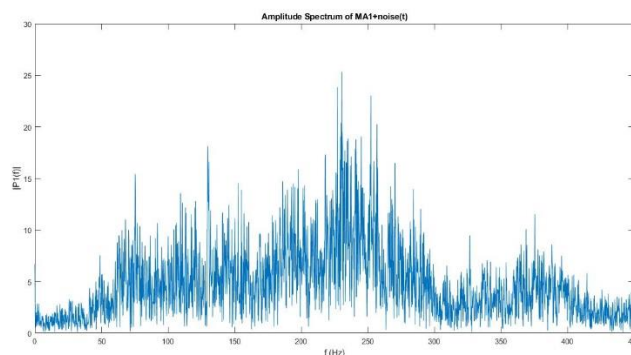


Gambar IV-4 Pola FFT Sinyal Getaran

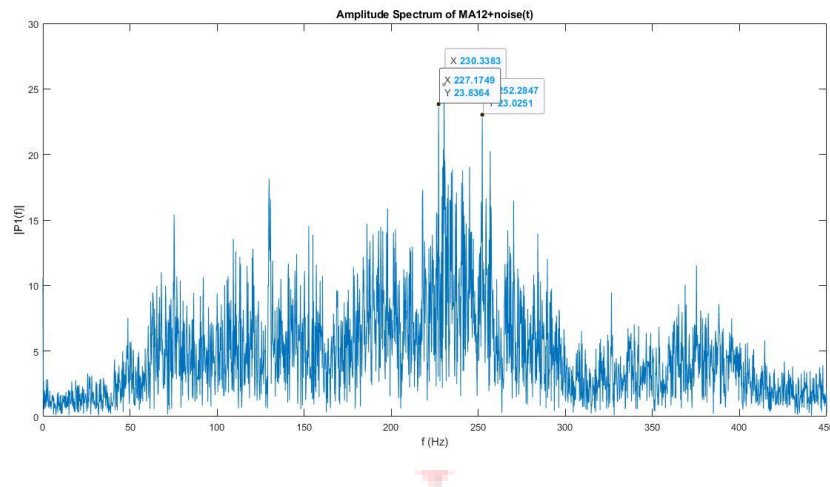
(a) sinyal getaran sebelum menggunakan FFT ; (b) sinyal getaran setelah menggunakan FFT

4.2 Pengujian Hasil FFT saat diberi noise

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan pola getaran yang sudah difilterisasi dengan menggunakan FFT, lalu diberi noise tambahan.



Pada Gambar IV-5 adalah sinyal getaran pada saat lokomotif maju saat diberi noise sebesar 50%.



Pada Gambar IV-6 adalah sinyal getaran pada saat lokomotif maju saat diberi noise sebesar 10%.

4.3 Hasil dan Analisis Sistem

Berdasarkan data yang telah diambil, pada saat lokomotif maju menghasilkan sinyal getaran berupa domain waktu lalu diolah dengan menggunakan FFT sehingga menghasilkan sinyal getaran domain frekuensi seperti Gambar IV-3 (b). Saat sinyal FFT pada lokomotif maju diberikan noise sebesar 10%, 50% dan 75% maka menghasilkan frekuensi sebesar 230 Hz. Pada saat lokomotif mundur menghasilkan sinyal getaran yang diolah dengan menggunakan FFT sehingga menghasilkan sinyal getaran seperti Gambar IV-5 (b). Saat sinyal FFT pada lokomotif mundur diberikan noise sebesar 10%, 50%, dan 75% hasil grafik nya berubah dan menghasilkan frekuensi sebesar 206 Hz seperti Gambar IV-9, Gambar IV-10, dan Gambar IV-11. Maka hasil dari analisis sistem diatas, penulis dapat menemukan sebuah pola frekuensi getaran pada lokomotif yaitu dari 90 Hz hingga 100 Hz dan dapat menahan sampai noise 10% dari amplitudonya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis berhasil mendapatkan sejumlah kesimpulan, yaitu:

1. Dengan menggunakan FFT maka sinyal domain waktu dapat diubah menjadi domain frekuensi.
2. Saat keluaran sinyal FFT diberikan noise maka grafik berubah dan menghasilkan pola getaran dari lokomotif
3. Dapat menahan noise 10% dari amplitudo.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis berhasil mendapatkan sejumlah saran untuk penelitian-penelitian yang lebih lanjut, yaitu:

1. Pengujian dengan tingkatan lebih lanjut yaitu mendeteksi getaran dari kendaraan yang lain.
2. Hasil dari grafik supaya tidak berubah setelah diberi noise

Daftar Pustaka

- [1] B. Caufield and M. O'Mahony (2007): *An Examination of the Public Transport Information Requirements of Users*, in IEEE International Transactions on Intelligent Transportation System
- [2] K. Goto and Y. Kambayshi (2002): *A new passenger support system for public transport using mobile database access*.
- [3] Shirley Beul-Leusmann, Eva Maria Jacobs, Martina Ziefle (2013): *User-centered design of passenger information system*.
- [4] STM32 F103CT8T6 Microcontrollers,

<http://www.st.com/en/microcontrollers/stm32f103c8.html>.

- [5] E. Kaplan, C Hergarty (2005): *Understanding GPS Principles and Application*.

